К. С. Шифрин. Рассеяние света в мутной среде. Гос. изд-во техн.-теор. лит-ры, М.—Л., 1951, 288 стр., Тираж 4000 экз. Цена 10 р. 85 к.

Оптика мутных сред уже давно превратилась в обширную и самостоятельную отрасль физики. Особенно возрос интерес к ней за последние годы, когда целый ряд практически важных проблем, таких, как радиолокация, вопросы видимости, тепловой баланс атмосферы, физика коллоидов и многие другие, непосредственно натолкнулись на необходимость знания законов рассеяния и распространения света в мутных средах. Между тем, несмотря на обилие работ, посвящённых вопросам рассеяния света, ряд не только второстепенных, но и основных моментов остаётся ещё невыясненным ни теоретически, ни экспериментально. Объяснение этому следует искать в исключительной сложности и многообразии как самого явления рассеяния света, так и тех математических и экспериментальных методов, которые необходимо привлекать для его изучения. Такая запутанность и неразработанность ряда основных проблем сказалась, в частности, в почти полном отсутствии монографической литературы, вследствие чего вопросы оптики мутных сред в значительной мере остаются малодоступными для широких кругов физиков. Это особенно относится к проблеме рассеяния на крупных неоднородностях (частицах), по которой монографическая литература вообще отсутствовала.

Рецензируемая книга имеет своей целью восполнить именно эту брешь. Сразу же следует отметить, однако, что содержание книги несравненно у́же её названия. Автор ограничивается исключительно вопросами рассеяния (и, частично, поглощения) электромагнитных волн посторонними включениями (частицами). Вопросы молекулярного (флуктуационного) рассеяния (в том числе критическая опалесценция) и многие другие вопросы остаются вне рамок книги. В стороне остаются и вопросы распространения света в мутных средах — учёт кратных рассеяний, уравнение переноса и т. п.

Отказавшись от рассмотрения всех этих многообразных вопросов и ограничив себя сравнительно узкой областью элементарного акта рассеяния (точнее, диффракции) на сферических (преимущественно) частицах, автор поступил безусловно правильно. Значение книги и состоит главным образом в том, что она является первой монографией, посвящённой этому важному явлению. Особенно ценным является то, что автор не только привёл в порядок имеющийся литературный материал, устранив ряд существенных разногласий и ошибок, но и внёс в него много нового, дополнил его своими исследованиями, значительно способствовавшими внесению ясности и полноты в рассматриваемую проблему. Приходится только пожалеть, что собственные интересы автора толкнули его на ещё большее, и на наш взгляд неоправданное, сужение темы. По существу, монография посвящена только теории рассеяния света на инородных частицах (так и следовало её назвать!). Экспериментальные данные привлекаются очень скудно в целях иллюстрации или обоснования расчётов; в остальном автор ограничивается литературными ссылками, зачастую впадая в простое перечисление (например, стр. 142—144 и 182—183) и не всегда даже поясняя, что́ именно кроется за приводимой ссылкой (например, ссылки на работы Г. И. Покровского на стр. 221).

Обратимся к содержанию книги.

В главе I (стр. 9—37) даётся общая постановка задачи и бегло сообщаются оптические свойства вещества, существенные для её формулирования (несколько подробнее описаны свойства металлов и особенно воды; последнее обусловлено важностью рассеяния на гидрозоле для метеорологии, что преимущественно привлекает внимание автора). Несомненный интерес представляет анализ безразмерных параметров, характери-

зующих мутную среду и предопределяющих метод подхода к изучению явления рассеяния и распространения света в такой среде (§ 3). Однако изложение здесь (как и в ряде других мест книги, например стр. 139—140, 151—153) носит излишне декларативный характер и недостаточно убедительно. Вызывает недоумение утверждение автора (стр. 20—21), что в случае, когда как размеры частиц, так и расстояние между ними меньше длины волны, то не имеет места обычное распадение задачи о рассеянии на две независимые части: анализ элементарного акта рассеяния и учёт многократности рассеяния. Автор упускает из виду, что в этом случае понятие элементарного акта рассеяния может быть отнесено не к единичной рассеивающей частице, а к элементу объёма, размеры которого больше длины волны.

Глава II (стр. 38—57) посвящена последовательному решению задачи о диффракции на шаре и выводу коэффициентов ослабления, рассеяния и поглощения. Необходимость подробного разбора этих неоднократно освещавшихся в литературе вопросов автор справедливо усматривает в том, что в существующих изложениях (Ми, Борн, Франк и Мизес, Стрэттон и др.) имеется значительный разнобой, серьёзно препятствующий практическому использованию результативных формул.

Весьма удачно рассмотрение парциальных волн и ряда вопросов, необходимых для проведения практических расчётов (асимптотические формулы, различные формы записи), проведённое в главе III (стр. 59—80).

В главе IV (стр. 81—98) рассматривается рассеяние на малых частицах. Автор акцентирует здесь внимание читателя не на общеизвестном законе Релея, а на границах его применимости и отклонениях от этого закона в случае большого показателя преломления вещества частицы, а также на существенном различии в зависимостях коэффициентов поглощения и рассеяния от длины волны. Особенно существенным представляется подробный анализ своеобразных резонансных явлений, наступающих при больших (но конечных) значениях показателя преломления, а также анализ индикатрисс рассеяния.

Подробно останавливаясь на теоретических соображениях, автор, однако, совершенно обходит вопрос о том, в какой мере эти соображения подтверждаются экспериментом. Известный материал в этой области имеется и игнорирование его ничем не оправдано.

В главе V (стр. 99—136) обсуждается рассеяние на крупных (прозрачных) частицах, причём явление рассеяния рассматривается здесь с точки зрения геометрической оптики как результат последовательных отражений и преломлений лучей на границе рассеивающей сферы. Подробно рассмотрены вопросы интенсивности преломлённых и отражённых лучей и их поляризации в функции угла рассеяния (индикатрисса). При этом даётся наглядное истолкование так называемой «отрицательной» поляризации, наблюдаемой при рассеянии на крупных частицах и долгое время «интриговавшей» многих исследователей. Тут же приводится подробная таблица распределения энергии между различными порядками отражённых и преломлённых лучей в функции угла рассеяния. Как частный случай сюда включена теория радуг различных порядков. Отдельно (§ 6) рассматривается рессеяние на полностью непрозрачных частицах. Показывается, что индикатрисса рассеяния в случае полностью отражающих частиц сферически симметрична, а в случае полностью поглощающих частиц — вытянута вперёд. При этом поглощение света частицей ведёт только к ослаблению рассеянного света (уменьшению коэффициента рассеяния), не сказываясь на коэффициенте ослабления, который (для крупных частиц) не зависит от физических свойств частицы. Важный вопрос о полупрозрачных частицах автор совершенно обходит.

В главе VI (стр. 137—169) приводятся результаты строгой теории для полностью поглощающих и отражающих сферических частиц любых

размеров. Сперва автор рассматривает зависимость коэффициента ослабления от длины волны и связь между коэффициентом ослабления и амплитудой рассеяния в направлении первичного луча. Соображения, развиваемые автором по поводу этой связи, при всей их естественности мало убедительны и нуждаются в значительно более солидном обосновании. Чувство полного неудовлетворения оставляют стр. 142—144, где автор несколькими общими фразами отделывается от важного и трудного вопроса о рассеянии и поглощении полупрозрачных частичек.

Весьма существенно рассмотрение асимптотического поведения коэффициента ослабления (§ 2), где автор подробно выясняет природу расхождения между результатами строгой теории и теории, основанной на соображениях геометрической оптики (на множитель, равный 2). Смысл этого расхождения (хорошо известного и в явлениях так называемого диффракционного рассеяния нейтронов), состоящий в том, что по мере увеличения размеров рассеивающей частицы диффракционные явления не только не исчезают, но интенсивность диффрагированного света растёт пропорционально квадрату радиуса частицы, достаточно полно раскрыт автором.

Впрочем, иллюстративные соображения, опирающиеся на принцип Бабине (стр. 150—152), страдают излишней расплывчатостью и недостаточно вскрывают физическую сущность явления, которая так и остаётся замаскированной математическими формулами, — обстоятельство, характерное и для ряда других мест книги (например, в высшей степени интересный § 4 той же главы).

Анализ асимптотического поведения строгого решения задачи о диффракции на шаре приводит автора также к объяснению часто наблюдаемого явления ореола, которое в течение длительного времени оставалось необъяснённым.

Далее, автор исследует поведение индикатриссы рассеяния и поляризации рассеянного света в зависимости от размеров частиц и длины волны.

Весьма интересны результаты автора по видоизменению законов излучения для малых частиц (§ 4). Здесь автор показывает, что зависимость полной энергии, излучаемой частицей в единицу времени, от температуры не подчиняется закону Стефана-Больцмана и меняется с изменением свойств частиц.

Так, для малых частиц излучаемая энергия пропорциональна пятой степени температуры, а при низких температурах для проводящих частиц (в связи с зависимостью электропроводности от температуры) — пропорциональна первой степени температуры. Одновременно меняется и постоянная в законе смещения Вина.

В главе VII (стр. 170—227) автор переходит к рассмотрению прозрачных сферических частиц любого размера. Сперва анализируется зависимость коэффициента ослабления от размеров частицы и длины волны на основе данных табулирования точных формул и бегло описываются опытные данные, представляющие геофизический интерес. В этом отношении § 1 резко выпадает из стиля всей книги, но и здесь экспериментальный материал недостаточно систематизирован и подан, по существу, в отрыве от теории.

Явно неудачен вводимый автором на стр. 178 термин «длина свободного пробега радиации», указывающий расстояние, на котором интенсивность луча убывает в e раз. Эту величину было бы уместнее назвать, например, средней глубиной проникновения излучения.

Затем (§ 2) автор переходит к рассмотрению геометрической оптики шара, как предельного случая диффракции. Попутно даётся объяснение явлениям венцов (диффракция вперёд) и глорий (диффракция назад), а также радуги.

Наконец, даётся приближённый приём вычисления индикатрисс для крупных частиц, что крайне важно для метеорологических применений. Здесь также автор отклоняется от своего «правила» и приводит экспериментальные данные.

Глава VIII (стр. 228—271) посвящена изложению разработанного автором метода рассмотрения явления рассеяния на неоднородностях, принципиально отличного от метода решения диффракционной задачи и пригодного для частиц, свойства которых мало отклоняются от свойств окружающей среды. Метод этот основан на решении интегрального уравнения, аналогичного уравнению, лежащему в основе теории распространения света в сплошных средах и связывающему напряжённость электрического поля с дипольными моментами молекул, образующих частицу. Решение проводится методом последовательных приближений, что даёт во втором приближении уже хорошее согласие со строгой теорией.

Преимуществом метода является простота результативных формул, что позволяет рассмотреть рассеяние не только на сферических частицах, но и на частицах иной формы (эллипсоидальных). Глава завершается крайне существенным параграфом, содержащим разбор вопроса о когерентном рассеянии света системой частиц.

В конце приложена вычисленная автором таблица угловых функций, долженствующая облегчить решение практических задач.

Книга снабжена обширной сводкой литературы, содержащей 128 названий. Несомненным достоинством является то, что автор с необходимой полнотой осветил роль отечественной науки в разработке вопросов рассеяния света на крупных частицах. Здесь его можно упрекнуть только в том, что, говоря о многих экспериментальных работах, он слишком часто ограничивается простым упоминанием или очерчивает их с излишней схематичностью.

Из сказанного видно, что рецензируемая книга достаточно полно суммирует современное состояние теории рассеяния электромагнитных волн на инородных вкраплениях и, что особенно важно, систематизирует эту теорию, создавая возможность не только сравнительно простого ознакомления с ней, но и её практического применения и дальнейшего развития, существенно затруднённого до сих пор, как уже отмечалось, разнобоем, имевшим место в многочисленных оригинальных исследованиях. Отчётливо усматривая последнее обстоятельство, автор озаботился преподнести материал в форме, наиболее удобной для его практического использования в расчётных целях, и вполне преуспел в этом. Собственный вклад автора в рассматриваемую им область физики придал книге свежесть и, местами, полемический оттенок. Он же обусловил и некоторую узость того круга вопросов, которых коснулся автор. Подробно останавливаясь на, повидимому, особенно близких ему проблемах атмосферной оптики, автор недостаточно внимания уделяет другим, не менее важным вопросам (например, коллоидам), а некоторые вопросы, по существу, обходит совсем (например, рассеяние назад, являющееся основой радиолокационных методов исследования облаков и осадков).

Серьёзные возражения вызывает характер изложения. Вместо того чтобы подчеркнуть неясности и трудности, и тем самым отчётливо выявить направление дальнейших исследований, автор в большинстве случаев осторожно обходит их, стремясь создать впечатление полного «благополучия».

Книга написана ясным языком. Однако излишние повторения (например, об ошибке, допущенной рядом авторов в вычислении интенсивности рассеянного света) и некоторая расплывчатость изложения лишают книгу той цельности, которая заложена в плане её построения, и создают впечатление рыхлости и недоработанности. Такому впечатлению способ-

ствует и отмеченная уже выше манера обращения с экспериментальным материалом. Автор, видимо, недостаточно отчётливо представляет себе круг читателей и поэтому нередко допускает резкие нарушения пропорций. Примером могут служить подробные, на трёх страницах (стр. 34—36), рассуждения об абсолютно чёрном теле, не выходящие из рамок общеизвестных истин.

Недочёты книги во многом, разумеется, обусловлены тем, что она является первым опытом монографии по данному кругу вопросов. Они не мешают выводу, что перед нами нужная и полезная книга, за которую советский читатель будет благодарен и автору и издательству.

Г. В. Розенберг